

헤미셀룰라아제를 첨가한 백련차 식빵의 품질 특성

김영숙¹ · 김문용² · 전순실^{2*}

¹성화대학 식품계열

²순천대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of *Nelumbo nucifera* G. Tea White Bread with Hemicellulase

Young-Sook Kim¹, Mun-Yong Kim², and Soon-Sil Chun^{2*}

¹Division of Food and Nutrition, Sunghwa College, Jeonnam 527-812, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

Abstract

Nelumbo nucifera G. tea white breads were prepared by the addition of 0.01, 0.02, 0.03, and 0.04% hemicellulase to flour of the basic formulation. The experiments and control were then compared in terms of quality characteristics, including pH, total titratable acidity, fermentation power of dough expansion, specific volume, baking loss, moisture content, color, textural characteristics, external and internal surface appearances, and sensory qualities in order to determine the optimal ratio of hemicellulase in the formulation. There were no significant differences in pH and total titratable acidity of dough among the experiments. Fermentation power of dough expansion were increased as incubation time increased. Baking loss was the highest at the 0.04% addition level, while the lowest at the 0.01% level. As hemicellulase content increased, pH, hardness, and fracturability of bread decreased, while total titratable acidity, specific volume, and resilience increased. Water content and lightness were the highest in the control bread samples, and yellowness was maximal in the 0.01% group. Bread made by the addition of hemicellulase had significantly higher greenness and flavor than the control group. Color, consistency, and springiness of crumb, density and uniformity of crumb pore, softness, chewiness, overall acceptability, lotus leaf flavor, delicious taste, astringency, bitterness, and off-flavor were not significantly different among the samples. The results indicate that adding 0.02~0.03% hemicellulase in *Nelumbo nucifera* G. tea white bread is optimal for quality and provides a product with reasonably high overall acceptability.

Key words: *Nelumbo nucifera* G. tea white bread, hemicellulase, dough expansion, textural characteristics, sensory qualities

서 론

빵의 주원료인 밀가루와 효모에 존재하는 효소는 제빵과정에서 중요한 역할을 한다. 최근 들어 통밀을 이용하거나 식이섬유를 첨가한 빵이 많이 생산되고 있으나 식이섬유는 수분 흡수성에 있어서 반죽에 부정적인 영향을 미치는데, 셀룰라아제와 더불어 헤미셀룰라아제는 고 식이섬유 빵 제조 시 부피를 증가시켜 문제점을 해결할 수 있어 이 효소의 이용 가능성이 매우 높다. 밀가루는 약 2.3%의 비전분다당류(NSP)를 함유하고 있으며, NSP는 1.0%의 수용성 pentosan과 불용성인 hemicellulose로 나뉜다. NSP는 물과 강하게 결합하는 성질 때문에 제빵에서 중요한 역할을 한다. NSP는 g당 10 g의 물과 결합하는데, 이 수치는 전분이 0.45 g/g, 단백질이 1~3 g/g의 물과 결합하는 것과 비교하면 매

우 높다. 불용성 펜토산은 반죽의 부피를 감소시키는데, 효소로 가용화하면 부피가 증가하나 아직 명확한 작용은 밝혀지지 않았다. Hemicellulose는 일반적으로 제빵성을 낮추는 것으로 알려졌으나, 이는 물 흡수성과 반죽시간에 대한 부정적임을 의미한다. Hemicellulose는 알칼리 용액이나 hemicellulase로 가용화시키면 이런 단점을 보완할 수 있다(1). 헤미셀룰라아제는 pentosan을 가수분해 시켜 물 결합 능력을 파괴하여 물을 방출시킴으로써 반죽의 수분 흡수력을 감소시키고 반죽을 부드럽게 하여 빵의 부피를 증가시키고, 내부구조를 좋게 하며 제빵성을 향상시킨다(2,3). 또한 극히 소량의 hemicellulase도 반죽의 글루텐 응집 속도를 증가시킨다고 한다(4). Maat 등(5)은 효소 한가지보다는 α -amylases와 xylanase를 함께 사용할 때 제빵성이 향상되었다고 보고하였다.

*Corresponding author. E-mail: css@sunchon.ac.kr
Phone: 82-61-750-3654, Fax: 82-61-752-3657

헤미셀룰라아제는 빵 반죽의 끈적거림을 감소시키고, 빵의 부피와 내부 구조를 향상 시키며, 저장수명의 증가, 노화의 감소에 관한 연구 등에 많이 이용되고 있다(6-12).

현대인의 웰빙 기능성식품에 대한 관심과 수요가 증가하면서 자일리톨(13), 백복령(14), 생약복합물(15), 메밀가루(16), 사물탕(17), 산사분말(18), 솔잎 발효액(19), 알로에(20), 인삼제품(21), 찰흑미분(22,23), 채소혼합분말(24), 천년초 선인장(25), 청국장 가루(26), 홍삼박분말(27) 등의 부재료를 첨가하여 제조한 식빵의 품질 특성에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그러나 최근 국내에서 각종 영양적, 기능적 특성으로 새로운 건강 기능성 식품으로 각광받고 있는 백련차 분말을 이용한 제빵에 관한 연구는 아주 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식빵의 부피를 개선하고 기능성을 부여하기 위하여 백련차 분말을 첨가한 우리밀 밀가루에 헤미셀룰라아제를 농도별로 첨가하여 백련차 식빵의 반죽 및 품질특성에 미치는 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

우리밀 밀가루(2008년산, 광의면 특품사업단 우리밀가공공장, 전남 구례), 백련차 분말(다연, 전남 무안), 이스트(instant yeast, La Parisienne), 소금(꽃소금, 샘표식품주식회사), 설탕(큐원가는정백당, 삼양사), 쇼트닝(베셀쇼트닝-free, 롯데삼강), 분유(뉴밀키엑스트라, 희창유업), Hemicellulase(Mühlchemie, Germany)를 실험재료로 사용하였다. 우리밀 밀가루의 일반성분은 수분 11.60%, 조회분 0.51%, 조지방 1.12%, 조단백질 11.53%, 조탄수화물 75.24% 이었고, 백련차 분말의 일반성분은 수분 1.98%, 조회분 6.80%, 조지방 6.40%, 조단백질 23.90%, 조탄수화물 60.92% 이었다.

식빵의 제조

헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백련차 식빵의 재료 배합비는 Table 1과 같았고, 식빵은 AACC 10-10A 방법(28)에 준하여 pup loaf 직접반죽법(optimized straight-dough method)으로 제조하였다. 헤미셀룰라아제는 밀가루 건물 당 0.01, 0.02, 0.03 및 0.04%(w/w)의 비율로 첨가하였고, 수분 함량을 동일하게 조정하였다. 제조 공정은 우리밀 밀가루를 체에 친 후, 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 반죽기(N-50, Hobart, USA)에 넣어 1단에서 3분, 2단에서 2분간 반죽한 다음 쇼트닝을 투입하고 1단에서 1분, 2단에서 10분간 반죽하였다. 반죽의 최종온도는 27±1°C가 되도록 하였다. 완성된 반죽은 발효기(SMDG-36, Daehung Machinery Co., Korea)에서 60분 동안 1차 발효(온도 32°C, 상대습도 80%) 후 120 g으로 분할하여 둥글리기하고 실온(20°C)에서 15분간 중간발효를 하였다. 가스빼기를 한 후 성형하여 틀에

Table 1. Formula for *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase

Ingredients (g)	Hemicellulase (%)				
	0	0.01	0.02	0.03	0.04
Domestic wheat flour	291	291	291	291	291
Shortening	15	15	15	15	15
Instant yeast	6	6	6	6	6
Salt	5	5	5	5	5
Powdered milk	9	9	9	9	9
Sugar	18	18	18	18	18
Water	186.8	186.8	186.8	186.8	186.8
<i>Nelumbo nucifera</i> G. tea powder	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
Hemicellulase	0	0.03	0.06	0.09	0.12

넣어 발효기에서 60분간 2차 발효(온도 32°C, 상대습도 80%)를 실시한 다음 윗불 190°C, 아랫불 190°C로 예열된 오븐(Deck Oven, Shinshin Machinery Co., Korea)에서 20분 동안 구웠다. 완성된 식빵은 실온(20°C)에서 1시간 동안 냉각시킨 후, 본 실험의 시료로 사용하였다.

헤미셀룰라아제를 첨가한 우리밀 백련차 식빵 반죽의 특성

pH와 총산도의 측정: 식빵 반죽 10 g을 방수형 Pen-type pH meter(PH-03, 프로엠, Korea)로 측정하였고, 총산도는 Association of Cereal Research(29)의 실험방법에 따라 0.1 N NaOH로 pH 8.5까지 적정한 후 소모된 0.1 N NaOH의 양을 mL 수로 나타내었다.

발효 팽창력 측정: 발효 팽창력은 He와 Hosney(30)의 방법을 변형하여 사용하였다. 미식이 끝난 반죽 25 g을 취해 50 mL의 메스실린더에 넣은 후 상부의 표면을 평평하게 한 후 1차 발효 조건인 온도 32°C, 상대습도 80%의 발효기에서 60분간 발효하면서 15분 간격으로 측정하여 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{Fermentation power of dough expansion (\%)} = \frac{\text{1차 발효 후의 부피} - \text{1차 발효 전의 부피}}{\text{1차 발효 전의 부피}} \times 100$$

헤미셀룰라아제를 첨가한 우리밀 백련차 식빵의 품질 특성

pH와 총산도의 측정: 식빵 속살의 pH와 총산도는 식빵 반죽과 동일한 방법으로 측정하였다.

비용적 및 굽기 손실률의 측정: 식빵의 부피는 유체씨를 이용하여 volumeter로 측정한 후 비용적(mL/g)으로 나타내었다. 굽기 손실 측정은 굽기 전의 중량과 구운 후의 중량 차이로 굽기 손실률(%)을 계산하였다.

수분 함량의 측정: 식빵 속살의 수분 함량은 시료 2 g을 상압가열건조법으로 5회 반복 측정하여, 그 평균값으로 나타내었다.

색도의 측정: 식빵 속살의 색도는 시료 15 g을 직경 2 cm, 높이 1 cm의 cell에 넣어 색차계(Chroma Meter, CR-200b, Minolta, Japan)를 사용하여 L(명도), a(+적색도/-녹색도), b(황색도)값으로 표현하였다. 이 때 사용된 표준색판은 L=97.10, a=+0.13, b=+1.88이었다. 실험에 사용된 우리밀 밀

가루의 색도는 $L=71.00$, $a=-0.92$, $b=+7.71$ 이었고, 백런차 분말의 색도는 $L=46.20$, $a=-7.05$, $b=+21.90$ 이었다.

조직감의 측정: 식빵 속살의 조직감은 시료를 $4 \times 4 \times 2$ cm의 크기로 자른 후 texture analyzer(model TA-XT2i, Stable Micro Systems, England)를 이용하여 100 mm compression plate를 장착하고 시료를 2회 연속적으로 침입시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 견고성(hardness), 부서짐성(fracturability), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 이때의 분석 조건은 Table 2와 같았다.

외부 및 속살 표면 관찰: 식빵의 외부 및 속살 표면 관찰은 디지털카메라(7.2 Mega Pixels Digital Camera EX-Z750, Casio Computer Co., China)로 식빵의 외관과 속살을 검은 배경의 무대에서 플래시가 터지지 않도록 하여 촬영하였다. 이때 시료와 카메라와의 거리, 지면과 카메라의 높이는 일정하게 유지하였다.

관능검사: 관능검사는 본 대학 식품영양학과 학생 20명을 대상으로 9점 척도법을 이용하여 동일 설문지로 평가하였다. 이때 속살 특성의 평가항목은 빵속살의 색상(1점: 대단히 어둡다 \leftrightarrow 9점: 대단히 밝다), 기공의 밀도와 빵속살의 경도(1점: 대단히 높다 \leftrightarrow 9점: 대단히 낮다), 기공의 균일성(1점: 대단히 불균일하다 \leftrightarrow 9점: 대단히 균일하다), 빵속살의 탄력성(1점: 대단히 약하다 \leftrightarrow 9점: 대단히 강하다), 소비자 기호도의 평가 항목은 향미(flavor), 부드러움(softness), 씹힘성(chewiness) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)로서 평가(대단히 좋아한다: 9점, 좋지도 싫지도 않다: 5점, 대단히 싫어한다: 1점)하였고, 특성 강도의 평가항

목은 연잎향(lotus leaf flavor), 구수한맛(delicious taste), 떫은맛(astringency), 쓴맛(bitterness) 및 이취(off-flavor)를 평가(대단히 강하다(extreme): 9점, 전혀 없다(none): 1점)하였다. 시료의 준비 및 제시는 1인분 portion size를 10 g으로 정하여 흰 플라스틱 접시에 담아서 제공하였다. 선별된 패널은 나이·성별 등을 기록하고 각 시료는 물컵, 시료를 벨는 컵과 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였으며, 검사 중의 영향을 최소화하기 위하여 total session은 15~20분으로 정하였다.

통계처리

모든 실험결과는 SPSS 프로그램(SPSS 12.0 for windows, SPSS Inc.)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 각 측정 평균값간의 유의성은 $p < 0.05$ 수준으로 Duncan의 다중범위시험법을 사용하여 검증하였다.

결과 및 고찰

헤미셀룰라아제를 첨가한 우리밀 백런차 식빵 반죽의 특성 pH와 총산도: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백런차 식빵 반죽의 pH와 총산도는 Table 3에 나타내었다. pH와 총산도는 헤미셀룰라아제를 첨가하지 않은 대조군과 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 이는 헤미셀룰라아제의 양이 아주 극소량으로 식빵 반죽의 pH와 총산도에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다.

발효 팽창력: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백런차 식빵 반죽의 발효 팽창력은 Table 4에 나타내었다. 발효 시간에 따른 발효 팽창력은 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 모두 발효 시간이 길어질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 헤미셀룰라아제 첨가량에 따른 발효 팽창력은 15분, 45분, 60분에서 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 30분에서는 헤미셀룰라아제 0.01% 첨가군이 68.18%로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.04%와 0.02% 첨가군들은 각각 57.58%, 54.55%로 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 두 시료들 간에는 유의적인 차이가 없었다.

헤미셀룰라아제를 첨가한 우리밀 백런차 식빵의 품질 특성 pH와 총산도: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제

Table 2. Operation condition of texture analyzer for *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase

Mode	Measure force in compression
Option	TPA
Sample size	$4 \times 4 \times 2$ cm
Load cell	25 kg
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post-test speed	1.0 mm/s
Distance	30 %
Time	3 sec
Trigger type	Auto-10 g
Data acquisition rate	200 pps
Probe and product data	100 mm Compression Plate

Table 3. pH and total titratable acidity of *Nelumbo nucifera* G. tea white bread doughs and breads with hemicellulase

Samples		Hemicellulase (%)				
		0	0.01	0.02	0.03	0.04
Doughs	pH	$5.76 \pm 0.01^{NS1)}$	5.75 ± 0.01	5.75 ± 0.01	5.76 ± 0.01	5.75 ± 0.01
	TTA ²⁾ (mL)	3.73 ± 0.12^{NS}	3.77 ± 0.06	3.77 ± 0.12	3.73 ± 0.06	3.77 ± 0.06
Breads	pH	5.47 ± 0.01^a	5.46 ± 0.01^{ab}	5.46 ± 0.01^{abc}	5.45 ± 0.01^{bc}	5.44 ± 0.01^c
	TTA (mL)	4.40 ± 0.10^c	4.47 ± 0.06^{bc}	4.53 ± 0.12^{abc}	4.63 ± 0.06^{ab}	4.70 ± 0.10^a

Mean \pm SD (n=3). Means in a row not sharing a common superscript letter(s) are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾NS: not significant. ²⁾TTA: total titratable acidity.

Table 4. Fermentation power of dough expansion of *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase (%)

Hemicellulase (%)	Incubation time (min)				
	0	15	30	45	60
0	0.00±0.00	25.76±6.94 ^{dNS1)}	60.61±6.94 ^{cAB}	106.06±6.94 ^{bNS}	131.82±4.55 ^{aNS}
0.01	0.00±0.00	24.24±6.94 ^d	68.18±4.55 ^{cA}	107.58±6.94 ^b	131.82±9.09 ^a
0.02	0.00±0.00	22.73±4.55 ^d	54.55±4.55 ^{cB}	94.48±9.46 ^b	128.79±6.94 ^a
0.03	0.00±0.00	21.21±5.25 ^d	59.09±4.55 ^{cAB}	96.97±9.47 ^b	122.73±7.87 ^a
0.04	0.00±0.00	19.70±2.63 ^d	57.58±5.25 ^{cB}	98.48±9.46 ^b	124.24±9.46 ^a

Mean±SD (n=3). Means with different small character superscripts in each row are significantly different (p<0.05). Means with different large character superscripts in each column are significantly different (p<0.05).

¹⁾NS: not significant.

조한 백련차 식빵의 pH와 총산도는 Table 3에 나타내었다. pH는 대조군이 5.47로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.44~5.46이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(p<0.05). 총산도는 대조군이 4.40 mL로 가장 낮았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 4.47~4.70 mL이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(p<0.05). 이는 헤미셀룰라아제 첨가량이 많아질수록 젖산균의 발효가 더 활발하게 진행되어 젖산과 초산 등의 유기산 생성이 더 많아졌기 때문에 사료되었다.

비용적 및 굽기 손실률: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백련차 식빵의 비용적과 굽기 손실률은 Table 5에 나타내었다. 비용적은 대조군이 4.29 mL/g로 가장 낮았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 4.51~5.01 mL/g이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(p<0.05). 이러한 결과는 헤미셀룰라아제 첨가량이 많아질수록 반죽의 신장성이 증가되고, 발효가 더 활발하게 진행되어 반죽의 1차, 중간 및 2차 발효 팽창력이 증가되었으며, 굽는 과정에서 오븐 팽창이 커져서 빵의 최종 부피가 증가한 것으로 사료되었고, 헤미셀룰라아제는 빵의 부피를 향상시킨다는 연구보고(1,3,5,7-9)와 유사하였다. 굽기 손실률은 헤미셀룰라아제 0.04% 첨가군이 14.31%로 가장 높았고, 대조군과 헤미셀룰라아제 0.01% 첨가군이 각각 13.35%, 13.33%로 유의적으로 낮았으며

(p<0.05), 두 시료들 간에는 유의적인 차이가 없었다. 이는 헤미셀룰라아제 첨가에 따른 식빵 반죽의 부피 증가와 오븐 팽창이 커서 부피가 크고, 오븐열과 반응하는 표면적이 커서 굽는 과정 중 수분 증발이 활발해졌기 때문에 사료되었고, Freund(31)가 기술한 식빵(white bread)의 굽기 손실률 13%와 유사한 값을 보였다.

수분 함량: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백련차 식빵의 수분 함량은 Table 6에 나타내었다. 수분 함량은 대조군이 40.60%로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.03% 첨가군은 40.32%로 가장 낮았다(p<0.05). 이는 헤미셀룰라아제가 pentosan을 가수분해 시켜 물 결합 능력을 파괴하여 물을 방출시킴으로써 반죽의 수분 흡수력을 감소시키고(4), 또한 식빵의 수분 함량을 감소시키는 것으로 사료되었다.

색도: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백련차 식빵의 색도는 Table 7에 나타내었다. 명도(L값)는 대조군이 41.11이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 40.35~41.06이었으며, 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 다소 낮았다. 녹색도(a값)는 대조군이 -2.20로 가장 낮았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 -2.30~-2.50이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다(p<0.05). 황색도(b값)는 헤미셀룰라아제 0.01%와 0.02% 첨가군들, 대조군이 각각 19.28, 19.12, 19.10으로 높았고, 세 시료들 간에는 유의적인 차이가 없었으며, 헤미셀룰라아제

Table 5. Specific volume and baking loss of *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase

Hemicellulase (%)	Bread weight (g)	Bread volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Baking loss (%)
0	103.98±0.56 ^a	445.63±16.35 ^d	4.29±0.15 ^d	13.35±0.47 ^b
0.01	104.00±0.67 ^a	469.38±11.48 ^c	4.51±0.11 ^c	13.33±0.56 ^b
0.02	103.39±0.59 ^{ab}	487.50±12.82 ^b	4.72±0.13 ^b	13.84±0.50 ^{ab}
0.03	103.37±0.73 ^{ab}	505.00±14.14 ^a	4.89±0.12 ^a	13.86±0.61 ^{ab}
0.04	102.83±0.94 ^b	515.00±11.95 ^a	5.01±0.12 ^a	14.31±0.78 ^a

Mean±SD (n=12). Means in a column not sharing a common superscript letter(s) are significantly different (p<0.05).

Table 6. Moisture content of *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase

Samples	Hemicellulase (%)				
	0	0.01	0.02	0.03	0.04
Moisture content	40.60±0.16 ^a	40.51±0.19 ^{ab}	40.50±0.11 ^{ab}	40.32±0.18 ^b	40.38±0.69 ^{ab}

Mean±SD (n=15). Means in a row not sharing a common superscript letter(s) are significantly different (p<0.05).

Table 7. Color of *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase

Hemicellulase (%)	Color ¹⁾		
	L	a	b
0	53.03±2.06 ^a	-1.29±0.28 ^d	12.23±0.30 ^d
0.01	42.69±0.95 ^b	-2.71±0.51 ^a	18.34±1.23 ^b
0.02	39.11±0.65 ^c	-2.57±0.24 ^a	19.04±0.87 ^a
0.03	37.16±0.33 ^d	-2.13±0.40 ^c	18.72±0.35 ^{ab}
0.04	34.23±1.16 ^e	-2.29±0.16 ^b	17.64±1.10 ^c

Mean±SD (n=36). Means in a column not sharing a common superscript letter(s) are significantly different (p<0.05).

¹⁾L: lightness (white: +100~black: 0), a: redness (red: +60~green: -60), b: yellowness (yellow: +60~blue: -60).

0.03%와 0.04% 첨가군들이 각각 18.49, 18.08로 유의적으로 낮았고(p<0.05), 이 역시 두 시료들 간에는 유의적인 차이가 없었다.

조직감: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백련차 식빵의 조직감은 Table 8에 나타내었다. 견고성은 대조군이 44.71 g으로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 24.58~35.52 g이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(p<0.05). 한편, 식빵의 비용적 결과와 비교 검토해 보면, 대조군보다 비용적이 높은 헤미셀룰라아제 첨가군들이 견고성이 낮고, 빵 속살이 더 부드러움을 알 수 있었다. 수분 함량, 부피 및 기공의 발달 정도가 클수록 빵의 견고성이 낮고, 부드럽다(32). 부서짐성은 대조군이 10.18 g으로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 9.94~10.09 g이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(p<0.05). 복원성은 대조군이 1.81로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 1.82~1.89이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가

할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다(p<0.05). 일반적으로 헤미셀룰라아제는 빵의 속살 구조를 향상시킨다고 보고된 바 있다(1,33).

외부 및 내부 표면 관찰: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백련차 식빵의 외관과 내관은 Fig. 1에 나타내었다. 겉질색과 내부색은 시료들 간에 큰 차이가 없었으며, 식빵의 크기와 부피, 기공의 크기는 대조군이 가장 작았고, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 커지는 경향을 보였다. 그러나 헤미셀룰라아제 0.04% 첨가 시 식빵의 부피는 가장 컸으나 과발효되어 식빵의 모양이 일그러지는 현상을 보였다.

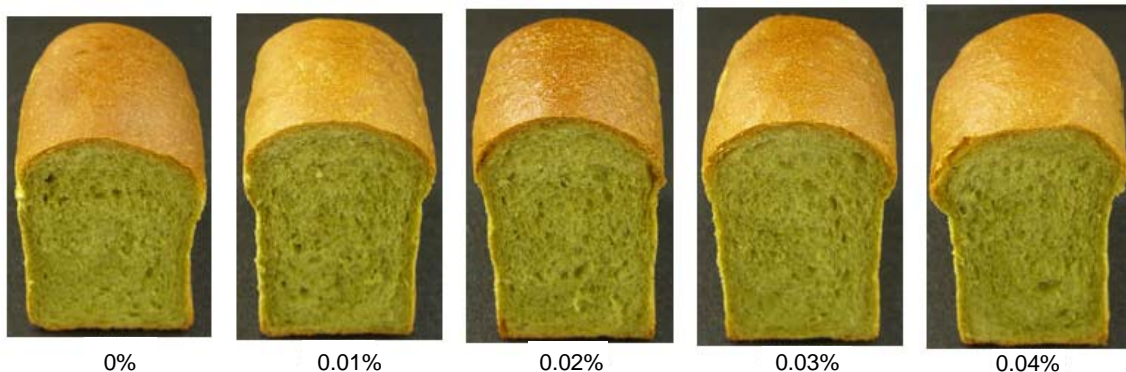
관능검사: 헤미셀룰라아제의 첨가량을 달리하여 제조한 백련차 식빵의 속살 특성, 소비자 기호도 및 특성 강도 검사 결과는 Fig. 2와 같았다.

백련차 식빵의 속살 특성 검사에서 빵 속살의 색상은 대조군이 4.64이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 4.36~4.64이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 기공의 밀도는 대조군이 5.36이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.36~6.32이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 기공의 균일성은 대조군이 5.27이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 4.73~5.55이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 빵 속살의 경도는 대조군이 5.73이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.59~5.95이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 빵 속살의 탄력성은 대조군이 5.64이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.23~5.50이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다.

Table 8. Textural characteristics of *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase

Samples	Hemicellulase (%)				
	0	0.01	0.02	0.03	0.04
Hardness (g)	44.71±5.04 ^a	35.52±4.38 ^b	30.19±3.80 ^c	26.90±3.68 ^d	24.58±2.90 ^d
Fracturability (g)	10.18±0.10 ^a	10.09±0.09 ^b	10.02±0.06 ^c	9.97±0.06 ^c	9.94±0.10 ^c
Resilience	1.81±0.04 ^c	1.82±0.05 ^{bc}	1.83±0.03 ^{bc}	1.86±0.04 ^{ab}	1.89±0.05 ^a

Mean±SD (n=18). Means in a row not sharing a common superscript letters(s) are significantly different (p<0.05).

**Fig. 1. External and internal surface appearance of *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase.**

요 약

헤미셀룰라아제를 0.01, 0.02, 0.03, 0.04%로 첨가하여 제조한 백련차 식빵 반죽의 pH, 총산도 및 발효 팽창력, 백련차 식빵의 품질 특성인 pH, 총산도, 비용적, 굽기손실률, 수분함량, 색도, 조직감, 외부와 내부 표면 관찰 및 관능검사의 결과는 다음과 같았다. 반죽의 pH와 총산도는 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 발효 시간에 따른 발효 팽창력은 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 모두 발효 시간이 길어질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 백련차 식빵의 pH는 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였으나 총산도는 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 비용적은 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였고, 굽기 손실률은 헤미셀룰라아제 0.04% 첨가군이 14.31%로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.01% 첨가군이 13.33%로 가장 낮았다. 수분 함량은 대조군이 40.60%로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.03% 첨가군은 40.32%로 가장 낮았다. 명도는 대조군이 41.11로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.01% 첨가군이 40.35로 가장 낮았으며, 녹색도는 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다. 황색도는 헤미셀룰라아제 0.01% 첨가군이 19.28로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.04% 첨가군이 18.08로 가장 낮았다. 견고성과 부서짐성은 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였고, 복원성은 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 껍질색과 내부색은 시료들 간에 큰 차이가 없었으며, 식빵의 크기와 부피, 기공의 크기는 대조군이 가장 작았고, 헤미셀룰라아제 첨가량이 증가할수록 커지는 경향을 보였다. 빵속살의 색상, 기공의 밀도와 균일성, 빵속살의 경도 및 탄력성은 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 향미는 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다. 부드러움, 씹힘성 및 종합적인 기호도는 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 연잎향, 구수한맛, 뽀은맛, 쓴맛 및 이취는 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 이상의 결과를 종합해 보면, 헤미셀룰라아제 0.02~0.03% 첨가는 반죽의 발효 팽창력, 식빵의 비용적, 조직감, 내부적 특성, 소비자 기호도 및 특성강도 등의 품질 특성을 고려할 때 식빵의 품질 특성에 좋은 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료되었다.

문 헌

1. Popper L. 2007. Flour treatment. In *Future of flour*. Popper L, Schäfer W, Freund W, eds. Agrimedia, Bergen/Dumme, Germany. p 232-235.
2. McCleary BV, Gibson TS, Allen H, Gams TC. 1986. Enzymic hydrolysis and industrial importance of barley β

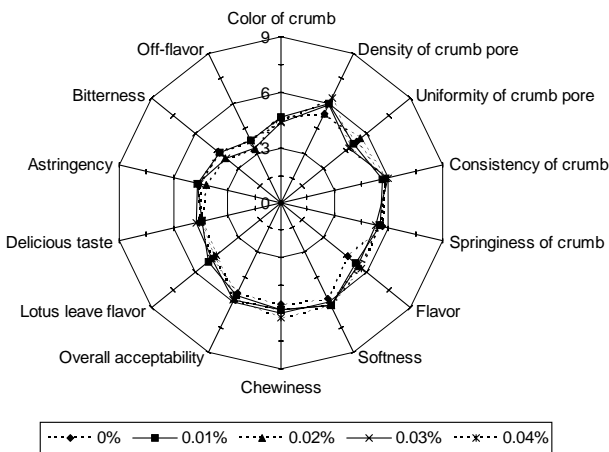


Fig. 2. QDA profile of sensory evaluation of *Nelumbo nucifera* G. tea white breads with hemicellulase.

Mean \pm SD (n=20). Means in a row not sharing a common superscript letter(s) are significantly different ($p < 0.05$). 0%: *Nelumbo nucifera* G. tea white bread without hemicellulase, 0.01%: *Nelumbo nucifera* G. tea white bread with hemicellulase 0.01%, 0.02%: *Nelumbo nucifera* G. tea white bread with hemicellulase 0.02%, 0.03%: *Nelumbo nucifera* G. tea white bread with hemicellulase 0.03%, 0.04%: *Nelumbo nucifera* G. tea white bread with hemicellulase 0.04%.

백련차 식빵의 소비자 기호도 검사에서 향미는 대조군이 4.68로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.18~5.64이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 부드러움은 대조군이 5.77이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 6.09~6.18이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 씹힘성은 대조군이 5.50이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.77~6.23이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 종합적인 기호도는 대조군이 5.45이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.55~5.86이었으며, 각각 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다.

백련차 식빵의 특성 강도 검사에서 연잎향은 대조군이 4.82이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 4.55~5.09이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 구수한맛은 대조군이 4.55이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 4.41~4.73이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 뽀은맛은 대조군이 4.59이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 4.18~4.64이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 쓴맛은 대조군이 4.27이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 3.82~4.27이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다. 이취는 대조군이 3.77이었고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 3.23~3.77이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다.

- glucans and wheat flour pentosans. *Starch/Starke* 38: 422-437.
3. Haseborg E, Himmelstein A. 1988. Quality problems with high-fibre breads solved by use of hemicellulase enzymes. *Cereal Foods World* 33: 419-422.
 4. 노봉수, 장관식, 이승철. 2003. 식품효소공학. 신광출판사, 서울. p 314-334.
 5. Matt J, Roza M, Verbakel J, Stam H, Santos da Silva MJ, Bosse M, Egmond MR, Hangemans MLD, Gorcom RFMV, Hessing JGM, van der Hondel CAMJJ, Rotterdam CV. 1992. Xylanases and their application in bakery. In *Xylans and Xylanases*. Visser J, Beldman G, Kusters-van Someren MA, Vorangen AGJ, eds. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands. p 349-360.
 6. Dagdelen AF, Gocmen D. 2007. Effects of glucose oxidase, hemicellulase and ascorbic acid on dough and bread quality. *J Food Qual* 30: 1009-1022.
 7. Martin CP, Wang M, Lichtendonk WJ, Plijter JJ, Hammer RJ. 2005. An explanation for the combined effect of xylanase-glucose oxidase in dough systems. *J Sci Food Agric* 85: 1186-1196.
 8. Prabhaskar D, Jyotsna R, Rao GV. 2004. Influence of enzymes on rheological, microstructure and quality characteristics of parotta-an unleavened indian flat bread. *J Sci Food Agric* 84: 2128-2134.
 9. Martin CP, Valera R, Martinez-Anaya MA. 2003. Effect of pentosanase and oxidases on the characteristics of doughs and the glutenin macropolymer (GMP). *J Agric Food Chem* 51: 4673-4679.
 10. Hilhorst R, Dunnewind B, Orsel R, Stegeman P, Villet TV, Gruppem H, Schols HA. 1999. Baking performance, rheology, and chemical composition of wheat dough and gluten affected by xylanase and oxidative enzymes. *J Food Sci* 64: 808-813.
 11. Laurikainen T, Härkönen H, Autio K, Poutanen K. 1998. Effects of enzymes in fibre-enriched baking. *J Sci Food Agric* 76: 239-249.
 12. Collar C, Andreu P, Martinez-Anaya MA. 1998. Interactive effects of flour, starter and enzyme on bread dough machinability. *Z Lebensm Unters Forsch* 207: 133-139.
 13. Lee SJ, Paik JE, Han MR. 2008. Effect of xylitol on bread properties. *Korean J Food & Nutr* 21: 56-63.
 14. Shin GM, Park JY. 2008. Changes on the characteristics of bread added with the powder of *Poria cocos* Wolf. *Korean J Food Preserv* 15: 231-235.
 15. Kim HS, Kang JS. 2008. Preparation and characteristics of bread by medicinal herb composites with immunostimulating activity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 109-116.
 16. Choi SN, Chung NY. 2007. The quality characteristics of bread with added buckwheat powder. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 664-670.
 17. Oh HK, Shin MS, Lim HS. 2007. A study on the quality characteristics of the bread with *Samultang*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 643-650.
 18. Kim JS, Jeong SH. 2007. Quality characteristics of bread added with *Crataegus pinnatifida* Bunge powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 17: 125-129.
 19. Choi DM, Lee DS, Chung SK. 2007. Effects of fermentation pine needle extract on the quality of plain bread. *Korean J Food Preserv* 14: 154-159.
 20. Shin DH, Kim DW, Jeung YN. 2007. Quality characteristics of bread with added aloe (*Aloe vera* Linne). *Korean J Food & Nutr* 20: 399-405.
 21. Song MR, Lee KS, Lee BC, Oh MJ. 2007. Quality and sensory characteristics of white bread added with various ginseng products. *Korean J Food Preserv* 14: 369-377.
 22. Lee YS, Kim WM, Kim TH. 2007. A study on the rheological and sensory properties of bread added waxy black rice flour. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 337-345.
 23. Kim WM, Lee YS. 2007. A study on antioxidant activity of bread with waxy black rice flour added. *Korean J Culinary Research* 13: 178-185.
 24. Lee KS, Kim SH. 2007. Analysis of characteristics of the white bread with mixed vegetable powder. *Korean Acad Soc Hospital Admin* 16: 169-184.
 25. Kim KT, Choi AR, Lee KS, Joung YM, Lee KY. 2007. Quality characteristics of bread made from domestic Korean wheat flour containing cactus chounnyuncho (*Opuntia humifusa*) powder. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 461-468.
 26. Kim KH, Song MY, Yook HS. 2007. Quality characteristics of bread made with Chungkukjang powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 17: 853-859.
 27. Han IJ, Kim RY, Kim YM, Ahn CB, Kim DW, Park KT, Chun SS. 2007. Quality characteristics of white bread with red ginseng marc powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 17: 242-249.
 28. AACC. 2000. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
 29. Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (Association of cereal research). 1994. *Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot*. 7th ed. Verlag Moritz Schäfer, Detmold, Germany. p 283-287.
 30. He H, Hosney RC. 1992. Effect of quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. *Cereal Chem* 69: 17-19.
 31. Freund W. 1995. *Bäckerei-Konditorei Management V.: Verfahrenstechnik Brot und Kleingebäck*. Gildebuchverlag, Alfeld (Leine), Germany. p 97.
 32. Chabot JF. 1976. Preparation of food science sample for SEM. *Scan Electro Microsc* 3: 279-283.
 33. Butt MS, Tahir-Naddem M, Ahmad Z, Sultan MT. 2008. Xylanases and their applications in baking industry. *Food Technol Biotechnol* 46: 22-31.

(2008년 9월 4일 접수; 2008년 10월 2일 채택)